TP2 : Résonance du circuit RLC série

I-Objectif de la manipulation

En régime sinusoïdal forcé, dans un circuit RLC série, pour une certaine valeur de fréquence nommée la fréquence de résonance, où l'amplitude de l'intensité est maximum et la partie imaginaire de l'impédance des éléments de circuit s'annulent. Ce phénomène s'appelle résonance électrique. Le phénomène de résonance électrique a plusieurs applications dans les domaines d'électronique et télécommunication par exemple les récepteurs radio. L'objectif de cette manipulation est l'étude expérimentale du phénomène de résonance d'un circuit RLC, pour cela on étudie la résonance du circuit RLC en intensité.

II- Etude théorique

II-1. Impédance complexe du circuit RLC série

Un circuit RLC est un circuit électrique contenant une résistance (R), une bobine (L) et un condensateur (C) Figure1.

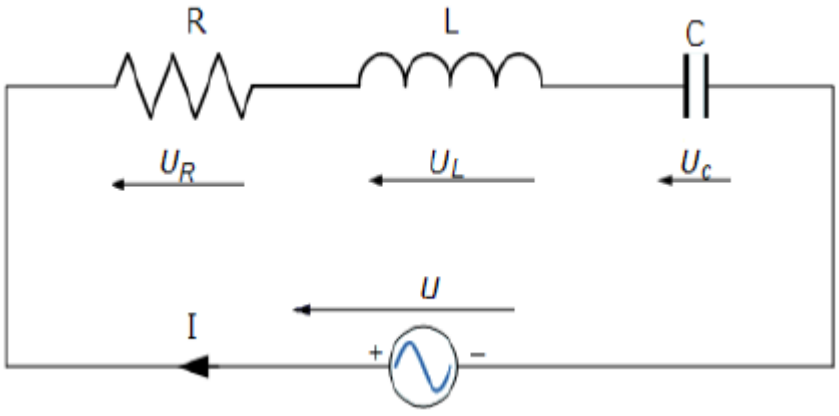


Figure 1 : Circuit RLC série

Vous devrez rendre les comptes rendus sous une forme électronique le 31/03 aux Emails
loulijat.ensaf@gmail.com abdellhadiazrar@yahoo.fr

L'impédance complexe du dipôle série est la somme des impédances complexes de chaque élément

$$\underline{Z} = \underline{Z}_R + \underline{Z}_L + \underline{Z}_C = R + \frac{1}{jC\omega} + jL\omega = R + j\left(L\omega - \frac{1}{C\omega}\right)$$

Son module, l'impédance, est donné par :

$$Z = \sqrt{R^2 + \left(L\omega - \frac{1}{C\omega}\right)^2}$$

Cette impédance passe par un minimum pour une pulsation ω_0 et une fréquence f_0 vérifiant

$$\begin{cases} L\omega_0 - \dfrac{1}{C\omega_0} = 0 \\ 2\pi L f_0 - \dfrac{1}{2\pi C f_0} = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \omega_0 = \dfrac{1}{\sqrt{LC}} \\ f_0 = \dfrac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \end{cases}$$

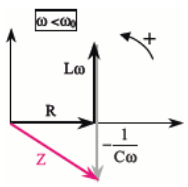
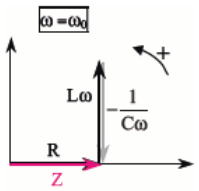
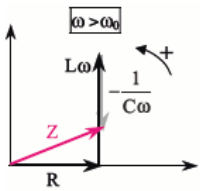
Un circuit RLC en série est dit en résonance lorsque l'impédance passe par un minimum, par conséquent la pulsation ω_0 et f_0 la fréquence de la résonance du circuit RLC sont respectivement :

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} \text{ et } \quad f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

Ainsi que ω_0 et f_0 s'appellent la pulsation propre et fréquence propre du circuit RLC.

II-2. Représentation de Fresnel de l'impédance complexe

Tableau1 : représentation de Fresnel de l'impédance complexe

		
L'effet capacitif l'emporte	Les effets capacitif et inductif	L'effet inductif l'emporte

Vous devrez rendre les comptes rendus sous une forme électronique le 31/03 aux Emails
loulijat.ensaf@gmail.com abdellhadiazrar@yahoo.fr

sur l'effet inductif.	se compensent ⇒ Z = R	sur l'effet capacitif

II-3. Résonance en intensité

On applique la loi d'Ohm complexe avec les amplitudes complexes dans le circuit RLC :

$$\underline{u}(t) = \underline{Z}.\underline{i}(t)$$

Notation réelle	Notation complexe
$u(t) = U_m \cos(\omega t)$	$\underline{u} = \underline{U}e^{j\omega t}$ avec $\underline{U}$ s'appelle L'amplitude complexe de la tension
$i(t) = I_m \cos(\omega t + \varphi)$ $\phi > 0$: courant en avance $\phi < 0$: courant en retard	$\underline{i}(t) = \underline{I}e^{j\omega t}$ avec $\underline{I} = I_m e^{j\varphi}$ $\underline{I}$ s'appelle L'amplitude complexe du courant

L'amplitude complexe du courant s'écrit sous la forme :

$$\underline{I} = \frac{\underline{U}}{\underline{Z}} = \frac{Um}{R + j\left(L\omega - \frac{1}{C\omega}\right)}$$

Par suite, le module $|\underline{I}| = I_m$ et le déphasage φ du courant $i(t)$ par rapport à la tension $u(t)$; (le déphasage φ du courant $i(t)/u(t)$). Im et φ sont des constantes calculées à partir de Um, ω, R, L et C.

$$I_m = \frac{Um}{\sqrt{R^2 + \left(L\omega - \frac{1}{C\omega}\right)^2}} \quad \text{et } \varphi = -\text{Artan}\left(\frac{L\omega - \frac{1}{C\omega}}{R}\right)$$

Vous devrez rendre les comptes rendus sous une forme électronique le 31/03 aux Emails
loulijat.ensaf@gmail.com abdellhadiazrar@yahoo.fr

A la résonance :

Le courant I_m passe par un maximum ($I_{\max} = \frac{Um}{R}$) et le déphasage φ est nul $(\varphi = 0)$ lorsque impédance Z passe par un minimum $(Z_{\min} = R)$ figure 2, donc I_m est maximale et $(\varphi = 0)$ figure 3 à $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ et $f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$.

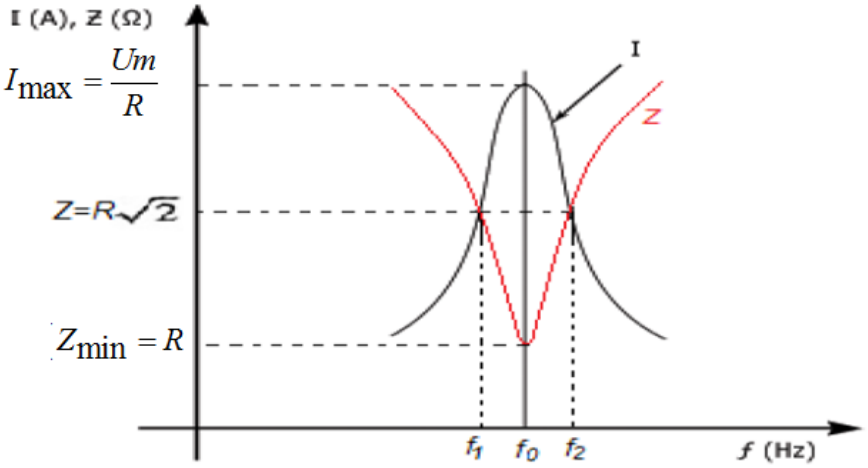
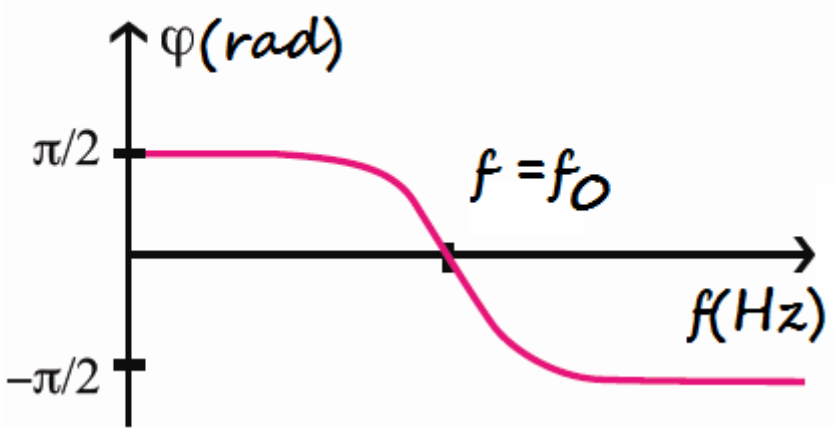


Figure 2 : Variation de l'impédance Z et L'amplitude I_m en fonction de la fréquence f



Vous devrez rendre les comptes rendus sous une forme électronique le 31/03 aux Emails
loulijat.ensaf@gmail.com abdellhadiazrar@yahoo.fr

Figure 3 : Variation de déphasage φ en fonction de la fréquence f

III-4. Bande passante et facteur de qualité

La bande passante, notée $\Delta\omega$ en rad/s , correspond aux pulsations pour lesquelles l'amplitude de l'intensité figure 4. Elle est donnée par :

$$\Delta\omega = \frac{R}{L}$$

Le facteur de qualité (sans dimension) du circuit est donné par :

$$Q = \frac{1}{RC\omega_0} = \frac{1}{2\pi RCf_0}$$

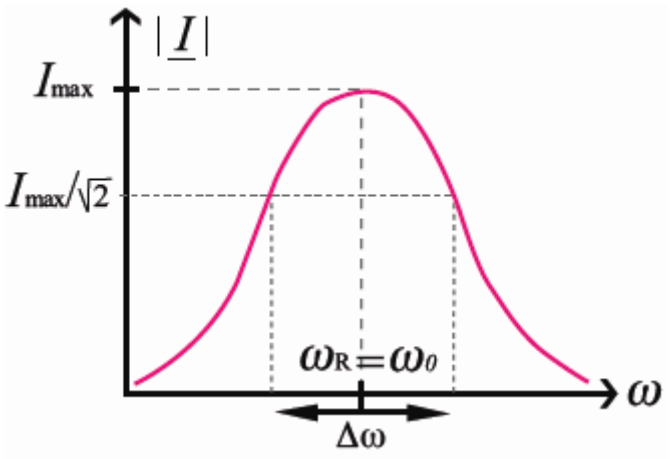


Figure 4 : Bande passante de circuit RLC série

Calcul des incertitudes

Supposons que la grandeur *G* dépende des paramètres *x* et y: $G = g(x, y)$. *x* et *y* sont mesurés directement avec une incertitude Δx et Δy, respectivement.

Dans un premier temps, on calcule la différentielle de *G* et on obtient :

$$dG = \frac{\partial g}{\partial x}dx + \frac{\partial g}{\partial y}dy$$

Vous devrez rendre les comptes rendus sous une forme électronique le 31/03 aux Emails
loulijat.ensaf@gmail.com abdellhadiazrar@yahoo.fr

Puis on passe aux incertitudes en majorant le terme de droite. En effet comme

$\Delta x = \sup|dx|\,; \Delta y = \sup|dy|$ *et* $\Delta G = sup|dG|$a pour expression :

$$\Delta G = \left|\frac{\partial g}{\partial x}\right| \Delta x + \left|\frac{\partial g}{\partial y}\right| \Delta y$$

Remarque

Il s'agit d'une méthode d'évaluation assez pessimiste puisque toutes les causes d'erreurs s'ajoutent.

L'incertitude relative

Une façon rapide permettant d'accéder à l'incertitude relative consiste à utiliser la différentielle logarithmique. Lorsque *G* est de la forme :

$$G = g(x, y) = kx^{\alpha}y^{\beta}$$

$$\ln(G) = \ln(k) + \alpha \ln(x) + \beta \ln(y)$$

ce qui donne en différenciant :

$$\frac{dG}{G} = 0 + \alpha\frac{dx}{x} + \beta\frac{dy}{y}$$

Le passage aux incertitudes donne finalement :

$$\frac{\Delta G}{G} = |\alpha|\frac{\Delta x}{x} + |\beta|\frac{\Delta y}{y}$$

IV- Manipulation

Le circuit R.L.C série à étudier est constitué un générateur délivrant une tension alternative sinusoïdale (Um=3.2V) de fréquence f, une résistance R = 200Ω, L'inductance L=50m H et un condensateur de capacité C=0.3µF montage de la figure 5.

IV- 1. Etude du courant dans le circuit RLC série

IV- 1. 1 Partie théorique

Vous devrez rendre les comptes rendus sous une forme électronique le 31/03 aux Emails
loulijat.ensaf@gmail.com abdellhadiazrar@yahoo.fr

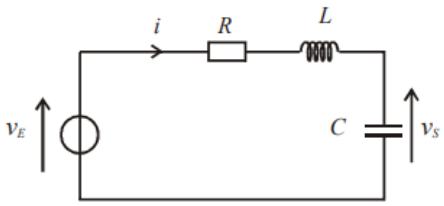
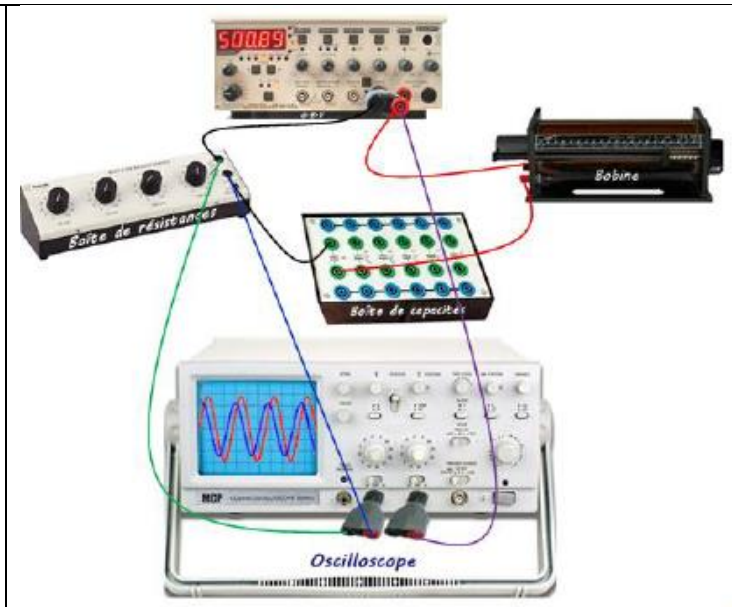


Figure 13 : Circuit RLC série



On Fixe la tension de sortie du générateur à la valeur Um=3.2Volts

1) Calculer $(\omega_0)th$: la valeur théorique de la pulsation à la résonance ainsi que $(\Delta\omega_0)th$ sachant que $\frac{\Delta L}{L} = 1\%$ et $\frac{\Delta C}{C} = 1\%$.
2) Déterminer la fréquence de résonance théorique f_0 ainsi que l'incertitude sur celle-ci
3) Calculer la sélectivité ou le facteur de qualité Q de ce circuit.

IV- 1. 2 Partie de simulation

Etude du courant dans le circuit RLC série qui se trouve dans le site de lien

http://www.sciences.univ-nantes.fr/sites/genevieve_tulloue/Elec/Alternatif/transfert2RLC.php?typanim=Flash

Vous devrez rendre les comptes rendus sous une forme électronique le 31/03 aux Emails

loulijat.ensaf@gmail.com **abdellhadiazrar@yahoo.fr**

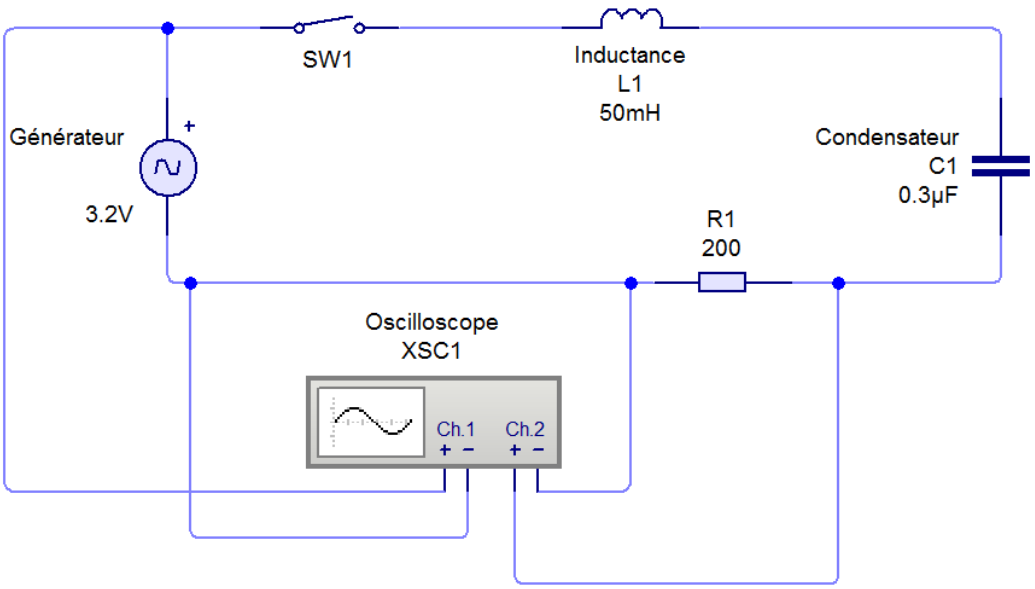


Figure 5 : Montage du circuit RLC

1- Réaliser le montage de la figure 5:

2- Faire varier la fréquence f de 0.5 KHz a 2.2KHz, et relever l'amplitude I_m de courant d'intensité i(t) et de la déphase φ (déphase du courant $i(t)$ par rapport à la tension $u(t)$) en fonction de la fréquence.

Sachant que I_m est mesuré à partir de la tension aux bornes de R (courbe Y2), $\left(I_m = \frac{U_{R\max}}{R}\right)$ figure 6, et la déphase φ de $i(t)/u(t)$ est le déphasage de la courbe Y2 par rapport à la courbeY1.

Vous devrez rendre les comptes rendus sous une forme électronique le 31/03 aux Emails
loulijat.ensaf@gmail.com abdellhadiazrar@yahoo.fr

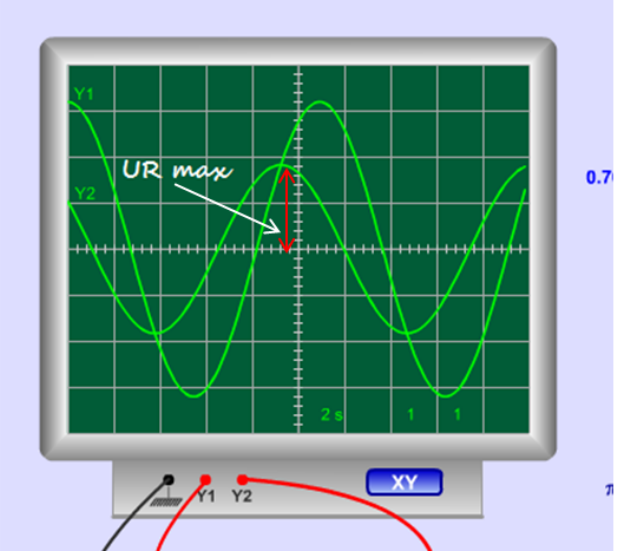


Figure 6

2-a. Remplir le tableau suivant

La fréquence f (KHz)	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2	2.1	2.2
U_R max																		
Im expérimental (A) $\left(I_m = \frac{U_{R\max}}{R}\right)$																		
Im théorique (A) $I_m = \frac{Um}{Z}$, Um=3 .2V																		

2-b. Tracer l'amplitude I_m expérimental de l'intensité en fonction de f.

2-d. Remplir le tableau suivant, sachons que i(t) et u_R (t) sont en phase

La fréquence f (KHz)	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2	2.1	2.2
φ_{th} de $i(t)/u(t)$ Théorique (rad)																		
φ_{exp} de $i(t)/u(t)$ Expérimental (rad)																		

Vous devrez rendre les comptes rendus sous une forme électronique le 31/03 aux Emails

loulijat.ensaf@gmail.com **abdellhadiazrar@yahoo.fr**

$$\varphi_{th} = -\text{Artan}\left(\frac{L\omega - \frac{1}{C\omega}}{R}\right)$$

2-d .Tracer φ_{exp} expérimental et φ_{th} théorique en fonction de f.

3. En déduire la fréquence de résonance f_o du circuit RLC série.

4. Calculer le facteur de qualité Q du circuit RLC série

5. Calculer la bande passante $\Delta\omega$.

Remarque

Vous devrez rendre les comptes rendus sous une forme électronique (Word et PDF) le Mardi 31/03/2020 aux Email :

loulijat.ensaf@gmail.com

abdellhadiazrar@yahoo.fr

Le nom de fichier doit être sous la forme :

Nom prénom TP2

Vous devrez rendre les comptes rendus sous une forme électronique le 31/03 aux Emails
loulijat.ensaf@gmail.com abdellhadiazrar@yahoo.fr